

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**

**Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

**Marcos Augusto dos Reis Nogueira**

**DIETAS COM DIFERENTES PROCESSAMENTOS DE MILHO  
ASSOCIADOS A FONTES DE UREIA PARA BOVINOS:  
PARÂMETROS RUMINAIS E DEGRADABILIDADE *IN VITRO***

**Diamantina  
2018**

**MARCOS AUGUSTO DOS REIS NOGUEIRA**

**DIETAS COM DIFERENTES PROCESSAMENTOS DE MILHO  
ASSOCIADOS A FONTES DE UREIA PARA BOVINOS:  
PARÂMETROS RUMINAIS E DEGRADABILIDADE *IN VITRO***

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Saulo Alberto do Carmo Araújo

Coorientador: Pesq. Dr. Norberto Silva Rocha

**Diamantina**

**2018**

Elaborada com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

N778d Nogueira, Marcos Augusto dos Reis.

Dietas com diferentes processamentos de milho associados a fontes de ureia para bovinos: parâmetros ruminais e degradabilidade *in vitro* / Marcos Augusto dos Reis Nogueira. - Diamantina, 2018.  
45 p. : il.

Orientador: Saulo Alberto do Carmo Araújo  
Coorientador: Norberto Silva Rocha

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2018.

1. Milho. 2. Uréia. 3. Ruminantes. I. Araújo, Saulo Alberto do Carmo. II. Rocha, Norberto Silva. III. Título. IV. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 636

Ficha Catalográfica – Sistema de Bibliotecas/UFVJM  
Bibliotecário Ivanilton Antônio de Oliveira CRB-6/3359

MARCOS AUGUSTO DOS REIS NOGUEIRA

**DIETAS COM DIFERENTES PROCESSAMENTOS DE MILHO  
ASSOCIADOS A FONTES DE UREIA PARA BOVINOS: PARÂMETROS  
RUMINAIS E DEGRADABILIDADE *IN VITRO***

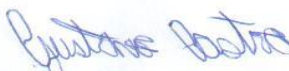
Dissertação apresentada ao  
MESTRADO EM ZOOTECNIA, nível  
de MESTRADO como parte dos  
requisitos para obtenção do título de  
MAGISTER SCIENTIAE EM  
ZOOTECNIA

Orientador : Prof. Dr. Saulo Alberto Do  
Carmo Araújo

Data da aprovação : 18/05/2018



Prof.Dr. SAULO ALBERTO DO CARMO ARAÚJO - UFVJM



Prof.Dr. GUSTAVO HENRIQUE DE FRIAS CASTRO - UFVJM



Prof.Dr. MARIO HENRIQUE FRANÇA MOURTHÉ - UFMG

DIAMANTINA

*A Deus e nossa senhora, por existir e pelo dom da vida.*

*À minha família, em especial minha mãe Lidinha, meu pai Marquinho, meu irmão Hugo meu sobrinho Francisco e minha cunhada Barbara porque sem o apoio deles nada seria possível.*

*Aos meus avôs Milton e Iracema, minha tia vicentina que lá de cima sege iluminando meus caminhos e todos meus tios e tias, primos e primas meu porto seguro de carinho, respeito, humildade, força e compreensão.*

*Aos meus amigos que sempre estiveram me apoiando.*

*Dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus e Santa Rita de cássia por me conceder a graça da vida, pela presença em todos os momentos, pela fé concedida e não me deixar desistir diante das dificuldades. Pela proteção nesses anos, pelas oportunidades e por colocar pessoas maravilhosas no meu caminho, que me fizeram persistir mesmo nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais Lidinha e Marquinho pela dedicação que tiveram comigo durante toda minha vida, incentivo, confiança, por acreditarem em mim e não medir esforços para a realização desse sonho. Sem vocês jamais chegaria aonde cheguei.

Ao meu irmão Hugo, por ter me acompanhado nessa caminhada e ser um exemplo para mim.

A meu sobrinho Francisco que deu vida a minha família, e minha cunhada Barbara por me apoiar quando precisei.

Ao meu orientador Saulo, pela confiança, acolhida, pelos ensinamentos, pela orientação, oportunidades, paciência, conselhos, amizade, preocupação, consideração, competência, por não desistir de mim, pela persistência para seguir em frente sempre.

Ao meu coorientador Norberto, pela amizade, incentivo, boa vontade, dedicação, carinho, confiança, conselhos, preocupação, ensinamentos, orientação, competência, apoio incondicional, pela força para seguir em frente nos momentos de dificuldades e não me deixar desistir nunca.

Aos estagiários do Projeto Bezerros, por toda dedicação, ajuda, compreensão, amizade, carinho, descontração, disposição, convivência, pelo apoio incondicional. Sem vocês esse sonho seria impossível.

Aos companheiros de mestrado, Anderson, Angelo, Natalia e Marluci, por toda ajuda durante o período experimental, pela amizade, descontração, disposição em ajudar sempre. Em especial o Anderson, pelo apoio incondicional nos períodos pré e experimental.

Aos meus companheiros que me apoiam desde da época da faculdade Fernando Ramos, Pedro Fonseca, Thomaz Aquino, Bruno Grossi, Lucas Pacholano, Aécio Granato, Isabela Carvalho, Rodrigo Teixeira, Flavio Armando entre outros que sempre estiveram ao meu lado.

A todos meus professores, pelos ensinamentos, carinho e acima de tudo por terem se tornado grandes amigos, que fizeram com que eu continuasse e chegasse até onde cheguei.

Ao professor Diego, pelos conselhos, descontrações, amizade, apoio, orientação e convivência.

Aos funcionários da UFVJM campus Unaí, Getúlio, Ailton, Domingo, Alair, Lindomar, Jamaica, Ronaldo, Elias pela amizade, ensinamentos, força, convivência, dedicação, pelo apoio incondicional sempre que necessitei, conhecimento dividido, momentos de descontração e por tolerar meu veneno também.

À CAPUL, pelo apoio, em especial, agradeço ao Anderson.

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri pela oportunidade de estudo e acolhida.

À Elizângela, pela disposição e carinho.

À CAPES, pela bolsa.

*“Se o mundo tentar me derrubar, a minha fé em Deus me fará voar.*

*“O sucesso é a soma de pequenos esforços - repetidos dia sim, e no outro dia também.”*

*Robert Collier*



## RESUMO

Esta pesquisa foi realizada para avaliar dietas contendo processamentos diferentes do milho e fontes distintas de ureia. Onde foram avaliadas quatro dietas utilizando os ingredientes testados (T1= Milho moído + ureia comum; T2= Milho comum + ureia liberação lenta; T3= Milho reidratado + ureia comum e T4= Milho reidratado + ureia de liberação lenta). Sendo avaliados os parâmetros ruminais (pH, produção de ácidos graxos voláteis e nitrogênio amoniacal); a produção acumulativa de gás, cinética ruminal e a degradabilidade da matéria seca até 96 horas após a incubação. O experimento foi conduzido no Setor de Nutrição de Ruminantes da Fazenda Experimental Santa Paula da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, no município de Unaí. Para a análise dos parâmetros ruminais o delineamento experimental adotado foi em quadrado latino, representado por quatro tratamentos (dietas experimentais), em quatro períodos experimentais, com duas repetições (8 animais), resultando assim em dois quadrados latinos simultâneos. As amostras de fluido ruminal foram coletadas por meio de sonda esofágica no último dia de cada período experimental, em cinco tempos antes do primeiro trato pela manhã e com intervalos de duas horas até 8 horas após a primeira coleta. Para a produção de gás e a degradação da matéria seca foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos (dietas experimentais) e quatro repetições (incubações *in vitro*). As dietas com milho reidratado obtiveram maior proporção de propionato se comparando as que continham milho moído. A produção acumulativa de gás não diferenciou ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos. Entretanto, os tratamentos T3 e T4 obtiveram uma menor ( $P < 0,05$ ) produção de gás para a fração de rápida fermentação e uma maior ( $P < 0,05$ ) para a fração de lenta degradação, caracterizando uma fermentação mais rápida e mais duradoura. Os tratamentos com milho reidratado (T3 e T4) obtiveram uma maior DMS nas primeiras 24 horas. houve uma alta correlação entre produção de gás e degradação da matéria seca em todas as dietas estudadas. Visto isso, a utilização do milho reidratado proporcionou fermentação mais rápida, quando comparada ao milho moído, devido a maior disponibilidade do amido.

**Palavras-chave:** Ácidos Graxos Voláteis, Produção de gás, Ureia protegida, sincronismo ruminal.

## ABSTRACT

This research was carried out to evaluate diets containing different processing of maize and different sources of urea. Where four diets were evaluated using the ingredients tested (T1 ground corn + urea, T2 ground corn + slow-release urea, T3 rehydrated corn + urea, T4 rehydrated corn + slow-release urea). The ruminal parameters (pH, production of volatile fatty acids and ammoniacal nitrogen); cumulative gas production, ruminal kinetics and dry matter degradability up to 96 hours after incubation. The experiment was conducted in the Ruminant Nutrition Section of the Experimental Farm Santa Paula from *Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri* at Unaí city. For the analysis of ruminal parameters the experimental design was a Latin Square, represented by four treatments (experimental diets), in four experimental periods with two repetitions (8 animals), resulting in two simultaneous Latin squares. The ruminal fluid samples were collected by means of an esophageal probe on the last day of each experimental period in five times, before the first treatment in the morning and with intervals of two hours until 8 hours after the first collection. For the production of gas and the degradation of dry matter a completely randomized design was used, with four treatments (experimental diets) and four replicates (vitro incubations). Diets with rehydrated maize obtained a higher proportion of propionate than those containing ground corn. Cumulative gas production did not differ ( $P < 0.05$ ) between treatments. However, the T3 and T4 treatments obtained a lower ( $P < 0.05$ ) gas production for the fast fermentation fraction and a higher ( $P < 0.05$ ) for the fraction of slow degradation, characterizing a fermentation and faster and more lasting. Treatments with rehydrated corn (T3 and T4) obtained a higher DMS in the first 24 hours. there was a high correlation between gas production and dry matter degradation in all diets studied. Seen this, the use of rehydrated maize provided faster fermentation of the when compared to ground corn, due to the greater availability of the starch.

**Keywords:** Gas Production, Protected Urea, Ruminal timing, Volatile fatty acids

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
2.1 Características do grão do milho .....	17
2.2 Processamentos do milho para ruminantes .....	19
2.3 Degradação ruminal do amido .....	21
2.4 Ureia na nutrição de ruminantes.....	22
2.5 Sincronismo ruminal .....	23
2.6 Degradabilidade in vitro – Técnica e produção de gases .....	25
<b>3 MATERIAS E METODOS .....</b>	<b>26</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCURSSÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A melhoria da eficiência produtiva vem se tornando atualmente uma necessidade do pecuarista que deseja permanecer na atividade, seja no corte ou leite, isso se deve à necessidade de aumentar a produtividade por unidade de área e otimizar a mão de obra, aliados a redução dos custos de produção.

Neste cenário, o grande desafio é explorar o máximo potencial genético dos animais, disponibilizando nutrientes potencialmente digestíveis que possam atender as suas exigências nutricionais. Diante o exposto, o desenvolvimento e o aprimoramento de ferramentas nutricionais que venham a elevar o valor nutricional dos alimentos consumidos pelos ruminantes torna-se cada vez mais necessário.

O milho é utilizado amplamente na alimentação de bovinos confinados como concentrado energético por apresentar um alto teor de amido. Porém, no Brasil melhorar o aproveitamento do milho pelos animais é um grande desafio para os nutricionistas, haja vista, que a maioria dos híbridos comercializados são do tipo duro ou “flint”, com alta vitreosidade do endosperma. E que de acordo com vários estudos (CORREA et al., 2002; TAYLOR e ALLEN, 2005; NGONYAMO-MAJJE et al., 2008), a uma correlação negativa entre a vitreosidade do grão e a degradabilidade do amido no rumén.

A vitreosidade do grão do milho juntamente com tamanho de partículas, é determinante para a sua degradabilidade ruminal e conseqüentemente o aproveitamento do amido. Assim, o processamento do milho se torna fundamental para melhorar o seu valor nutricional. Visto que tem como objetivo a quebra das barreiras que impedem o acesso dos microrganismos e enzimas ruminais aos componentes no interior do grão, principalmente o amido (OWES et al., 1986).

Visto isso, a ensilagem do milho reidratado e um processamento simples de fácil execução, que pode otimizar o aproveitamento do amido do milho, pois, além de realizar a redução do tamanho de partícula pela moagem, quebrando a barreira física do grão, promove também alterações na matriz proteica que envolve os grânulos de amidos, levando a redução do teor de prolamina, principalmente pela ação de proteases bacterianas resultantes do processo de fermentação (HOFMAN et al., 2011).

Outro ingrediente comumente utilizado na formulação de dietas para ruminantes e a ureia por ser a principal fonte de nitrogênio não proteico (NNP), que no rúmen é convertida em amônia e utilizada para síntese de proteína microbiana, se tornando uma fonte mais barata de proteína. No entanto, a ureia apresenta uma rápida hidrólise e liberação de amônia no rúmen, podendo exceder a capacidade de utilização desta pela microbiota ruminal, o que pode levar a

intoxicação do animal, além de um alto gasto de energia para sua excreção do excesso de amônia do rúmen (AZEVEDO et al., 2008).

Sendo assim, a utilização de uma ureia de liberação lenta, faz com que o fluxo de amônia seja mais constante no rúmen podendo propiciar um melhor aproveitamento pelos microrganismos, evitando perdas energéticas e reduzindo o risco de intoxicação, podendo ainda melhorar o sincronismo de nutrientes no rúmen, sem comprometer o desempenho produtivo de ruminantes (SOUZA et al., 2010).

E de acordo com Herrera-Saldana e Huber (1989), outro fator que pode promover um melhor aproveitamento da dieta pelos animais e a sincronização da liberação de energia e nitrogênio no rúmen. Uma vez que melhora a fermentação ruminal, propiciando um maior desenvolvimento dos microrganismos ruminais, otimizando a produção de ácidos graxos voláteis (AGVs) e proteína microbiana, além de melhorar a degradabilidade dos alimentos.

Diante o exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros da fermentação ruminal, e a degradabilidade in vitro da matéria seca pela técnica de produção acumulativa de gás, de dietas para bovinos, contendo dois métodos de processamento do milho como fontes de amido (milho moído e milho reidratado) combinado com duas fontes de ureia como fontes de NNP (ureia e ureia de liberação lenta).

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Características do grão do milho**

O grão de milho é constituído por quatro estruturas físicas: endosperma (83%), gérmen (11%), pericarpo (5%) e ponta (2%). A sua composição em base da matéria seca é 72% de amido, 9,5% proteínas, 9% fibra e 4% de óleo (PAES et al., 2006).

O pericarpo é a camada externa do grão, sendo constituído basicamente de fibras, e serve como uma proteção do gérmen e do endosperma. O gérmen é constituído basicamente de proteínas e lipídios (FORNASIERI FILHO, 1992). A parte mais importante do milho, nutricionalmente falando, é o endosperma, pois de acordo com Paes et al. (2006), é onde está a maior parte do amido (88%).

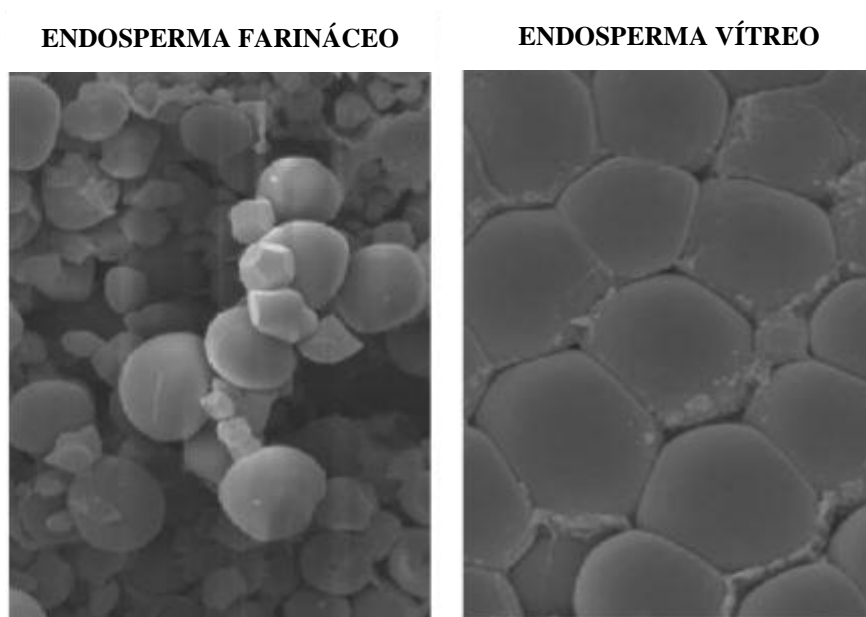
No endosperma as moléculas de amido são organizadas em forma de grânulos, que são envolvidos por uma matriz proteica, que é definida por Van Soest (1994) como uma estrutura proteica complexa ao redor dos grânulos de amido com função estrutural. A matriz proteica é formada basicamente por proteínas de reserva do tipo prolaminas, que no milho também são chamadas de zeínas, que representa de 50 a 60% da proteína do grão (PEREIRA, 2013).

No entanto, as prolaminas são hidrofóbicas, devido a sua alta concentração de prolina, que é um aminoácido complexo com estruturas terciárias altamente hidrofóbicas, com isso, há uma redução na solubilidade do amido em água e em fluido ruminal (MOMANY et al, 2006).

Além do mais, existe uma forte interação entre o amido e a zeína, tornando os grânulos densamente compactados entre si, fazendo com que sejam menos responsivos aos eventos fermentativos e digestivos promovendo impacto negativo na degradação do amido (KOTARSKI et al., 1992).

Diante o exposto, o endosperma do grão de milho é classificado em dois tipos: endosperma farináceo e endosperma vítreo. O endosperma farináceo apresenta matriz proteica descontínua, com poucos corpos proteicos e grânulos de amido arredondados e menos agregados, e o endosperma vítreo possui matriz proteica contínua, grânulos de amido menores e mais agregados não permitindo espaço vago entre os grânulos de amido Pereira (2013). Na figura 1 podemos observar esta variação.

**Figura 1- Grânulos de amido em endosperma farináceo e vítreo**



Fonte: Pereira (2013)

O grão de milho é classificado quanto a textura de acordo com as proporções dos endospermas vítreo e farináceo em sua composição, sendo classificados em: amiláceo ou farináceo (“*floury*”); dentado (“*dent*”); duro ou cristalino (“*flint*”); pipoca (“*pop corn*”); doce (“*sweet*”) e ceroso (“*waxy*”) (FORNASIERI FILHO, 1992). E estas variações resultam em alterações no valor nutricional, pois representam maior ou menor presença da matriz proteica envolvendo os grânulos de amido (KOTARSKI et al., 1992).

Desse modo, a textura pode variar de acordo com o híbrido utilizado, sendo a maioria dos híbridos comercializados no Brasil de textura dura (COSTA et al., 2014), onde predomina o endosperma vítreo. Fato que foi comprovado por Pereira et al. (2004) que trabalharam com diferentes híbridos comercializados no Brasil, e constataram uma proporção de 67% de endosperma vítreo em híbridos classificados como duro, enquanto para híbridos dentados foi de 44,3%.

Em trabalho para avaliar a relação entre virtreosidade e degradação do amido no rúmen com diferentes híbridos de milho comercializados no Brasil e Estados Unidos, Correa et al. (2002) constataram que nos híbridos Brasileiros a concentração média de endosperma vítreo foi de 73,1% contra 48,2% dos híbridos Norte Americanos. Estes autores, demonstraram que quanto maior o teor de endosperma vítreo no grão, menor é a digestibilidade do amido, o que também foi demonstrada por vários outros autores (TAYLOR e ALLEN, 2005; CORONA et al., 2006; NGONYAMO-MAJEE et al., 2008; LOPES et al., 2009; FIGUEIREDO et al., 2010).

## **2.2 Processamentos do milho para ruminantes**

O processamento do grão tem o intuito de promover a quebra das barreiras que impedem o acesso dos microrganismos e enzimas ruminais às moléculas de amido contidas no interior dos grânulos, visando aumentar a disponibilidade de amido e consequentemente da energia para o animal (OWES et al., 1986).

Os métodos de processamento podem ser classificados de acordo com McKinney (2006) e Defoor et al. (2006) como físicos ou físico-químicos. Segundo estes autores os tratamentos físicos, tem como objetivo principal a redução no tamanho de partícula (moagem, laminação), porém não há alterações das propriedades químicas do material. Já os tratamentos físico-químicos além de promoverem a quebra das partículas, promovem uma mudança química, que envolve a aplicação de calor e/ou vapor promovendo a gelatinização do amido (floculação, extrusão, micronização).

Outra forma de processamento do grão de milho é a ensilagem do grão úmido ou reidratado, que promove a degradação da matriz proteica por ação das proteases microbianas (HOFFMAN et al., 2011).

Nos últimos anos alguns pesquisadores Brasileiros (CARARETO et al, 2011; MOURA et al., 2014; COSTA et al, 2014; ARCARI et al, 2016), estudaram diferentes processamentos do milho (floculação, laminação, ensilagens de grãos, entre outras), e constataram em seus estudos que o tipo de processamento utilizado influencia diretamente no aproveitamento do amido pelo animal. Também demonstraram que o quanto o processamento vai melhorar na

degradabilidade do amido vai depender do tipo e intensidade do processamento, onde processamentos mais intensivos (floculação e ensilagem de grão úmido) melhora o aproveitamento do amido e elevaram o valor de energia da dieta proporcionando maior eficiência produtiva.

Em uma revisão com diferentes processamentos do milho como fonte de amido para vacas leiteiras Theurer et al. (1999) encontraram resultados superiores quando se aumentou a degradação ruminal do amido através do processamento mais intenso comparando com métodos menos intensos. No mesmo sentido Owes et al. (1997) revisando trabalhos com diferentes fontes de amido e métodos de processamento, concluíram que quando o grão passa por algum processamento que torna o amido mais disponível no rúmen, faz com que haja um aumento na energia metabolizável das dietas, reduzindo o consumo sem alterar no ganho de peso, melhorando com isso a eficiência alimentar.

A moagem é um processamento a seco simples e de baixo custo, por isso talvez seja o processamento mais utilizado no Brasil. Na moagem acontece a diminuição do tamanho de partículas, por força de atrito, impacto ou corte, desse modo ocorre eliminação da película externa do grão, o pericarpo, que constitui uma barreira física que dificulta o ataque microbiano e a ação das enzimas digestivas do animal (REIS et al., 2013A).

No entanto, de acordo com Corona et al (2005), o que vai determinar a melhora na degradabilidade ruminal do grão é o grau de redução das partículas, onde quanto mais fina a moagem mais aumenta a área de superfície de ataque dos microrganismos ruminais.

O que foi comprovado Ferraretto et al. (2013), que em uma meta análise com trabalhos publicados entre 2000 a 2011, encontraram que a digestibilidade total do amido para milho seco moído de 0,5 a 1,0 mm foi de 93,3%, já para o milho moído de 3,5 a 4,0 mm foi de 77,7%.

Outro processamento está tendo uma adoção crescente no Brasil e a reidratação ou reconstituição, que consiste em devolver ao grão já seco a umidade adequada para que o mesmo seja fermentado na ensilagem (DEFOOR et al., 2006). E de acordo com estes autores, a reidratação e ensilagem do milho é um método eficiente para otimizar a utilização do amido, haja vista, que durante o processo de fermentação da silagem, ocorre proteólise da matriz proteica envolvendo os grânulos de amido.

Hoffman et al. (2011) monitoraram o destino da matriz protéica no grão de milho úmido ensilado durante (240 dias), e verificaram que durante o processo de fermentação houve uma degradação das zeínas de aproximadamente 60%, com isso houve uma desagregação dos grânulos de amido resultando em grande número de grânulos individuais, elevando a área para potencial ataque pelas bactérias ruminais.



Com isso, ocorre um aumento na degradabilidade do amido, uma vez que muitos microrganismos apesar de serem capazes de digerir o amido, são incapazes de romper a matriz proteica que o circunda (SANTOS et al., 2012).

Pereira et al. (2011) compararam milho e sorgo moído fino seco com o moído fino reidratado e ensilado, verificaram que a degradabilidade da matéria seca do reidratado foi de 71,6% e 67,1% para milho e sorgo respectivamente, enquanto para o seco foi de 42,8% e 41,1%, comprovando assim o maior aproveitamento do milho e do sorgo após serem moídos, reidratados e ensilados.

Da mesma forma, Reis et al. (2013B) avaliaram dois híbridos de milho grão (dentado vs. duro) processados, a seco (moagens a grosso, média e fina; 12, 10 e 8 mm, respectivamente) e ensilados (úmido e reidratados). Constataram que o processo de ensilagem, tanto o de grãos úmidos quando a reidratação dos grãos maduros, aumentaram as solubilidades da MS de ambos os híbridos avaliados, entretanto houve uma resposta maior nos híbridos de textura dura.

### **2.3 Degradação ruminal do amido**

Nos ruminantes a digestão do amido começa basicamente no rúmen, pois, a produção de amilase salivar é muito pequena e sua ação se restringe ao tempo de mastigação e deglutição (SWENSON e REECE 1996). No rúmen acontece a hidrólise das moléculas de amido, que é realizada por enzimas extracelulares de bactérias, que são basicamente  $\alpha$  amilases, Isoamilases, glucoamilases e as  $\beta$  amilases (ANTUNES et al, 2011).

Através desse processo há a liberação de monômeros de glicose no ambiente ruminal, que serão fermentados principalmente pela atuação de bactérias denominadas como aminolíticas, e de acordo com Antunes et al. (2011) as principais são: *Streptococcus bovis*, *Ruminobacter amylophilus*, *Prevotella ruminicola*, *Butyrivibrio febrisolvens*, *Succinomonas amylolytica*, *Selemonas ruminantium*, *Eubacterium ruminantium* e *Clostridium* spp.

Os principais produtos produzidos a partir do processo de fermentação dos carboidratos são os chamados ácidos graxos voláteis (AGVs). Os principais ácidos são o acetato, propionato e butirato, que são a principal fonte de energia para os ruminantes (VAN SOEST, 1994). Segundo o autor a fermentação da fibra no rúmen gera como principais produtos o acetato e butirato, já dietas com altas inclusões de concentrado, observa-se reduções consideráveis nas concentrações de acetato e aumento nas de propionato. Haja vista que, a fermentação do amido gera maior produção de ácido propiônico, de 35 a 45% do total produzido (ORSKOV, 1986).

E segundo Dehority (2004) o aumento nas concentrações de propionato quando se inclui concentrado na dieta se dá devido ao aumento observado na população de bactérias

responsáveis pela degradação de amido em detrimento à população de bactérias que degradam fibra. Com isso proporção em que cada ácido é produzido, depende da espécie bacteriana, que pode ser especializada em produzir um tipo ou outro (KOZLOSKI, 2002).

Visto isso, France et al. (1991), afirmou que os maiores indicadores da utilização dos alimentos pelos ruminantes são a proporção molar e a produção total dos AGVs. A proporção molar típica dos AGVs em bovinos, produzidos quando o animal se alimenta basicamente de forragens, representa uma relação de 70:19:11 (acetato; propionato; butirato), e somente com concentrado obteve uma relação 46:42:12 (BERGMAN, 1990). Em misturas de concentrado e forragens a proporção é de 60:30:10 (BLACK, 1990).

Outro parâmetro que está diretamente relacionado, com a degradação do amido e o pH, onde a acidificação do ambiente ruminal, demonstrada pelo abaixamento do pH ocorre principalmente, após a ingestão de alimentos com rápida taxa de fermentação do amido, produzindo grandes quantidades de ácidos fazendo com que o meio se acidifique, atingindo seu menor valor entre 0,5 e 4 horas após a alimentação (ØRSKOV, 1986).

## **2.4 Ureia na nutrição de ruminantes**

A ureia é amplamente utilizada na alimentação de ruminantes como fonte de nitrogênio não proteico (NNP), sendo fornecida na substituição parcial de fontes de proteína verdadeira. E segundo Eustáquio Filho (2008) a substituição da proteína verdadeira pela ureia se torna possível em virtude da capacidade dos microrganismos ruminais de converter NNP em proteína microbiana. Que de acordo com o NRC (2000) é uma proteína de boa qualidade, com bom perfil de aminoácidos e digestibilidade intestinal.

Quando a ureia alcança o rúmen, ela é rapidamente desdobrada em amônia e CO<sub>2</sub>, pela ação da enzima uréase, produzida pelos microrganismos ruminais. A amônia é utilizada para a síntese de proteína microbiana, no entanto, se produzida em excesso é absorvida pela parede do rumen, se transformando em ureia no fígado, sendo uma parte reaproveitada pelo animal e a outra excretada, todo esse processo de conversão leva a gastos energéticos ao animal (SANTOS e PEDROSO et al, 2011).

Milton et al. (1997) demonstraram em seu trabalho que a suplementação com apenas ureia como fonte de nitrogênio, não melhorou o desempenho em comparação ao farelo de soja e farelo de algodão. Toda via, estes autores comprovaram que a utilização do farelo de soja juntamente com a ureia pode melhorar o desempenho, também destacaram que a inclusão de ureia em dietas de terminação com alto proporção de concentrado proporcionou um aumento

na digestão do amido no rumem e trato intestinal total proporcionando um aumento na eficiência de produção.

Porém, por possuir uma alta taxa de hidrólise, a ureia pode se torna um problema pela rápida liberação de amônia, onde a ingestão em excesso pode levar a intoxicação, além de um alto gasto de energia para sua excreção, diminuindo a disponibilidade de energia para o animal (AZEVEDO et al., 2008).

Afim de diminuir a taxa de degradação da ureia, alguns pesquisadores (HELMER et al., 1970A; HELMER et al., 1970B; MAIA et al., 1987) desde as décadas de 1970 e 1980 começaram a estudar produtos que promovem a liberação gradual do nitrogênio no rumem pela ureia. E demonstraram em seus trabalhos que a ureia de liberação lenta foi mais eficiente para a síntese de proteína microbiana.

Neste contexto, Pinos-Rodríguez et al. (2010) descreveram que a ureia de liberação lenta surgiu como alternativa para minimizar os efeitos da rápida conversão de ureia em amônia no rúmen. Pois tem o objetivo de disponibilizar a ureia de forma mais lenta, fazendo com que a conversão em amônia seja modulada, assim, sincronizando com a conversão de carboidratos, o que tem sido mostrado em alguns trabalhos (RIBEIRO et al., 2011; BENEDETI et al., 2014), que demonstraram que a hidrólise da ureia protegida foi mais harmoniosa, onde em ambos os trabalhos as concentração ruminal de amônia se manteve constante ao longo do tempo, se tornando mais favorável ao sincronismo entre degradação da fibra e liberação do nitrogênio.

Estudando a degradação *in situ* da ureia comum, ureia de liberação lenta (encapsulada com polímero) e farelo de soja Akay et al. (2004), constataram que a ureia de liberação lenta obteve uma taxa de desaparecimento constante ao longo do dia com liberação de até 16h, os autores demonstraram que a ureia de liberação lenta obteve um padrão de degradação mais semelhante ao do farelo de soja do que o da ureia comum, com isso permitiu uma maior síntese de proteína microbiana e uma melhor utilização dos nutrientes do que a dieta com ureia comum.

Paula et al. (2009) avaliaram a influência de diferentes fontes de NNP (ureia comum e de liberação lenta) nos parâmetros ruminiais em vacas, e comprovaram que a ureia de liberação lenta promoveu uma liberação maior e mais constante do nitrogênio na forma de (N-NH<sub>3</sub>), e uma maior estabilidade do pH o que pode favorecer a produção de proteína microbiana.

## **2.5 Sincronismo ruminal**

A sincronização entre a taxa de fermentação dos carboidratos e a degradação da proteína melhora a eficiência de utilização dos nutrientes da dieta, pois a falta de sincronia entre a liberação de amônia e energia resulta em uma ineficiente utilização dos substratos fermentáveis

no rúmen (NRC, 2000). Assim, a maximização da sincronização de proteína e carboidratos degradáveis no rúmen resulta na minimização das perdas nitrogenadas e aumento da produção microbiana com consequente aumento do processo produtivo (PEREIRA et al., 2005).

A taxa de degradação ruminal dos diferentes ingredientes da dieta pode exercer um grande efeito sobre a fermentação, produtos finais da fermentação e desempenho animal (NOCEK e RUSSEL, 1988). Onde, se a degradação da proteína com a degradação dos carboidratos no rúmen for sincronizada, nos permite maximizar o uso da PDR, no entanto se a degradação proteica exceder a de carboidratos, as perdas de amônia através da parede ruminal serão mais elevadas (TANIGUCHI et al., 1995).

Assim, Gabarra (2001) destacou que a rápida degradação da ureia no rúmen pode acarretar um aumento nas concentrações de  $N-NH_3$  e uma alta absorção de amônia pela parede ruminal, caso não haja carboidratos fermentáveis suficientes no rúmen. podendo sobrecarregar o fígado e um gasto maior de energia para a excreção da ureia, além de risco de intoxicação.

Por outro lado, quando a um excesso de energia, a mesma é apenas e utilizada para a manutenção microbiana, sem gerar efeitos nos processos de síntese e crescimento da microbiota e até mesmo acarretando a utilização de ciclos fúteis para eliminação do excesso de carboidratos (RUSSEL, 1998).

Neste sentido, várias pesquisas (ZEOULA et al., 2006; CALDAS NETO et al., 2007; XIN et al., 2010; PIAO et al., 2012; LUZ et al., 2014) têm buscado cada vez mais o controle de liberação do NNP, a fim de permitir maior sincronização com a degradabilidade dos carboidratos, onde demonstraram em seus estudos que quando há uma maior sincronização ruminal, a um aumento na eficiência alimentar, melhorando o aproveitamento da dieta reduzindo as perdas metabólicas.

Em estudo com diferentes níveis de proteína degradável no rumem (PDR) associada a amido de baixa e alta digestibilidade Caldas Neto et al. (2007), demonstraram que as dietas com níveis crescentes de proteína degradável no rúmen não influenciaram na digestibilidade in vitro da MS (DIVMS) quando a fonte de amido era de baixa degradabilidade. Entretanto, quando associada à fonte de amido de alta degradabilidade foi constatado efeito quadrático do nível de PDR sobre a DIVMS, onde a maior digestibilidade foi observada no teor de 60,6% de PDR, comprovando a possibilidade de existência de um nível de sincronização da liberação de nitrogênio e energia no rúmen que permita maior digestibilidade ruminal da dieta.

Comparando diferentes fontes energéticas (milho, milho+casca de mandioca desidratada, raspa de mandioca e farinha de varredura) em dietas de bovinos com farelo de soja como fonte de nitrogênio. Zeoula et al. (2002) constataram uma maior eficiência microbiana aparente (30,1

g de N microbiano/ kg de MO degradada no rúmen) para a ração com farinha de varredura, indicando que esta fonte energética possivelmente apresentou uma melhor sincronização com a fonte protéica (farelo de soja), diminuindo a perda de N na forma de  $N-NH_3$ .

Do mesmo modo, Da silva et al (2014) em estudo da cinética da fermentação ruminal em dietas para bovinos contendo diferentes fontes de amido associado com ureia, constataram que fonte de amido de rápida degradação permitiu melhor sincronismo com a ureia, o que levou a uma maior degradabilidade da matéria seca da dieta.

## **2.6 Degradabilidade in vitro – Técnica de produção de gases**

De acordo com Mauricio et al. (2003) ensaios in vivo são os métodos mais precisos para determinar o valor nutricional dos alimentos. Entretanto, os mesmos requerem considerável uso de animais, alimentos, mão-de-obra, tempo e alto custo financeiro. Devido a esses inconvenientes gerados pela técnica de digestibilidade in vivo, foram desenvolvidos métodos alternativos para que as análises dos alimentos fossem menos onerosas e em um espaço menor de tempo.

Neste contexto, foi desenvolvida por Tilley & Terry (1963) a técnica de degradação in vitro, que tem sido amplamente testado e usado, e algumas vezes modificado. Pois, de acordo com Omed et al. (2000) as estimativas de digestibilidade obtidas com a metodologia possuem altas correlações com resultados in vivo. No entanto, esta técnica não é capaz de fornecer informações sobre a cinética da digestão, por avaliar apenas o resultado final da digestão, (Theodorou et al. 1994).

Outra técnica de degradabilidade *in vitro* que está sendo muito utilizada para estimar a cinética de degradação é a técnica de produção de gás in vitro. Esta técnica oferece rápida estimativa da taxa de digestão e pode ser útil para estimar a digestibilidade dos alimentos para ruminantes (CAMPOS et al., 2000). Além de ser útil quando se deseja estimar os parâmetros cinéticos de degradação da fração solúvel do alimento (GONÇALVES et al., 2001).

A técnica de produção de gases consiste, basicamente, em medir a produção total de gases liberada pela fermentação de uma amostra incubada em líquido ruminal tamponado. E com o volume de gases produzidos durante a fermentação dos substratos através da técnica, permite avaliar a cinética de fermentação de alimentos (Theodorou et al., 1994).

Campos et al. (2000), comparando o método de digestibilidade in vitro por produção gás no período de 48 horas com os métodos in situ e in vivo, de silagem de milho com alta ou baixa matéria seca (MS), observaram que para silagem com alta MS os métodos in situ e in vitro não diferiram entre si (65,2% e 65,4%, respectivamente). Porém, ambos foram menores que o

método in vivo (66,4%). Quanto à silagem com baixa MS, os três métodos não diferiram apresentando valores de 67,4%, 66,9% e 72,3% para os métodos in vitro, in vivo e in situ, respectivamente.

### 3 MATERIAS E METODOS

O presente trabalho foi conduzido no Setor de Nutrição de Ruminantes do Instituto de Ciências Agrárias (ICA), da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), no município de Unaí MG, localizado a 16°21'50" sul e 46°54'15" oeste em altitude de 640m.

O experimento foi realizado juntamente com o trabalho de Oliveira (2017) onde se avaliou a digestibilidade aparente e consumo de nutrientes das dietas estudadas. Para os trabalhos foram utilizados oito novilhos cruzados (Zebu x Holandês), com peso inicial médio de 260 Kg  $\pm$  20 e idade de 7 meses.

Foi adotado o delineamento experimental em quadrado latino, representado por quatro tratamentos (dietas experimentais) em quatro períodos experimentais (14 dias cada), com duas repetições (8 animais), resultando assim em dois quadrados latinos (4x4) simultâneos.

O experimento teve duração de 60 dias sendo composto por quatro períodos experimentais (15 dias cada), divididos em 14 dias de adaptação e 1 dia de coleta de dados. Em que preconizou a adoção de um período pré-experimental de 30 dias para adaptação dos animais ao manejo adotado. Os animais foram manejados em oito baias individuais (9m<sup>2</sup> cada), sendo estas equipadas com comedouros e bebedouros de alvenaria individuais. O piso da baia foi constituído por cama de maravalha.

Os tratamentos consistiram em quatro dietas experimentais formuladas contendo uma combinação de diferentes processamentos do milho (milho moído e milho reidratado) e duas fontes de ureia (ureia comum e ureia de liberação lenta). Os tratamentos avaliados foram os seguintes: T1= Milho moído + ureia comum; T2= Milho comum + ureia de liberação lenta; T3= Milho reidratado + ureia comum e T4= Milho reidratado + ureia de liberação lenta.

As dietas experimentais foram formuladas de modo que fossem isoproteicas e isoenergeticas. Sendo balanceadas levando em consideração as recomendações de exigências de energia e proteína para o peso corporal médio dos animais, e um ganho esperado de 1 kg dia e foram ajustadas pelo modelo NRC (2000). Na sua composição além dos ingredientes estudados foi utilizado também silagem de milho como volumoso e farelo de soja como fonte de proteína verdadeira, as proporções de cada ingrediente nas dietas estão descritas na tabela 1.

Tabela 1- Composição (g/kg de matéria seca) dos alimentos utilizados nas dietas experimentais T1 (milho moído + uréia comum); T2 (milho moído + ureia protegida); T3 (milho reidratado + ureia comum); T4 (milho reidratado + ureia protegida).

<b>Ingredientes</b>	<b>Dietas</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
Milho Moído	390	390	-	-
Milho reidratado	-	-	35	35
Farelo de Soja	66	66	67	68
Ureia Comum	16	-	1,6	-
Ureia Protegida	-	18	-	18
Silagem de milho	528	526	567	565

As dietas foram misturadas individualmente e diariamente para garantir a completa homogeneização dos ingredientes, e foram fornecidas duas vezes ao dia, sendo ofertado 40% no período da manhã e 60% a tarde, a quantidade foi regulada de acordo com o consumo, de modo que as sobras diárias de alimento fossem de 10%, sendo pesadas diariamente antes do primeiro trato. o suplemento mineral foi fornecido ad libitum separadamente da dieta total.

A reidratação e ensilagem do milho foi realizada na própria fazenda, onde o milho foi moído em peneira fina (1mm de diâmetro), posteriormente o material foi espalhado sobre uma lona plástica e reidratado seguindo a recomendação de Pereira et al. (2013), adicionando 35L de água para cada 100kg de milho moído. Após a homogeneização o material foi colocado e compactado em toneis plásticos com capacidade de 150 litros, onde foram vedados e armazenados até seu uso respeitando um tempo mínimo para fermentação de 30 dias. O milho utilizado moído também foi triturado na própria fazenda, com peneira semelhante à do milho reidratado (1mm de diâmetro).

Como fontes de ureia foi utilizada a ureia de liberação lenta PROTEI-N®, comercializada pela empresa GRASP®, e se trata de uma ureia revestida com polímero com 41% de nitrogênio. E a ureia pecuária, da marca comercial Reforce-N®, com 45% de nitrogênio. Tanto a ureia comum quanto a ureia protegida foram incluídas na dieta de modo que a proteína fornecida por elas representasse 30% da proteína total da dieta.

As dietas e os ingredientes foram amostrados em cada período experimental, posteriormente cerca de 400g das amostras foram pré-secas em estufas de ventilação forçada a 55°C, por 72 horas, posteriormente moídas em moinho de faca em peneira de 1mm, para posteriores análises laboratoriais. Foi determinado os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), cinzas (CZ), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), seguindo a metodologia proposta pela AOAC (1995).

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados segundo metodologia descrita por Mertens (2002), sem adição do sulfito de sódio e utilizando-se a amilase termoestável (Termamyl 120L, Novozymes®).

As medias das análises bromatológicas das dietas e dos ingredientes estão descritos nas tabelas 2 e 3 respectivamente.

Tabela 2 - Composição bromatologica das dietas experimentais T1 (milho moído + uréia comum); T2 (milho moído + ureia protegida); T3 (milho reidratado + ureia comum); T4 (milho reidratado + ureia protegida).

Nutrientes	Dietas			
	T1	T2	T3	T4
MS (%)	56,28	55,78	51,00	51,15
PB (g/kg MS)	145,4	144,7	146,4	142,7
EE (g/kg MS)	31,2	37,9	33,5	35,9
MM (g/kg MS)	39,6	42,6	39,9	39,9
FDN (g/kg MS)	306,2	304,5	280,9	283,5
FDA (g/kg MS)	137,8	139,9	124,0	122,1
CT (g/kg MS)	783,7	774,7	780,1	780,7
NDT(g/kg MS)*	733,7	736,2	748,2	7496

Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Extrato Etéreo (EE), Matéria Mineral (MM), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), Carboidratos Totais (CT), Nutrientes Digestíveis Totais (NDT), Carboidratos Totais (CT), Carboidratos Não Fibrosos (CNF).

\* NDT estimado pela FDN proposto por Capelle et al. (2001).

Tabela 3 - Composição bromatologica dos ingredientes utilizados nas dietas expresso em % da matéria seca.

Ingredientes	Nutrientes						
	MS**	MM	PB	EE	FDN	FDA	NDT*
Silagem	41,66	5,29	7,14	2,64	46,99	21,12	63,48 <sup>1</sup>
Farelo soja	90,06	5,86	44,64	5,23	15,46	8,86	80,48 <sup>2</sup>
Milho moído	89,64	3,17	8,82	5,28	13,97	3,89	85,73 <sup>2</sup>
Milho Reidratado	63,89	2,57	9,04	3,30	8,64	2,17	88,83 <sup>2</sup>
Ureia comum	99,75	0,05	280,41	-	-	-	-
Ureia protegida	99,75	0,05	250,10	-	-	-	-

Matéria seca (MS), Proteína Bruta (PB), Extrato Etéreo (EE), Matéria Mineral (MM), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), Carboidrato Não Fibroso (CNF), Carboidratos Totais (CT), Nutrientes Digestíveis Totais (NDT).

NDT da Silagem<sup>1</sup> = estimado pela FDN proposto por Capelle et al. (2001).

NDT tabelado<sup>2</sup> = Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos (CQBAL 3.0).

\*\* expresso em %

Para as análises dos parâmetros ruminais foram coletadas amostras de fluido ruminal no último dia de cada período experimental (15º dia) de todos os animais, as coletas foram realizadas por meio de sonda esofágica acoplada a uma bomba de sucção semelhante a metodologia proposta por Ortoloni (1981). As coletas aconteceram imediatamente antes do



primeiro trato pela manhã e com intervalos de duas horas até 8 horas após a primeira coleta, totalizando 5 tempos. Era coletado aproximadamente 200ml do material, posteriormente era filtrado em pano alvejado.

A análise de pH, foi realizada imediatamente após a cada coleta, com auxílio de um Medidor de pH digital modelo MB10®. Posteriormente foi retirada uma alíquota de 50mL que foi armazenada em freezer, até que foram encaminhadas em caixa de isopor com gelo reciclável para o Laboratório de Microbiologia de Anaeróbios da Universidade Federal de Viçosa onde foram determinados os ácidos Graxos voláteis (AGVs) e nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) em Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) de acordo com Bento et al. (2015).

Para a degradabilidade da matéria seca in vitro pela técnica de produção acumulativa de gás, foi adotado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 4 repetições (incubações) e 4 tratamentos (dietas experimentais).

Onde foram obtidas por incubações in vitro a 39°C em banho maria, conduzidas em frascos de vidro (100ml), em cada frasco foi colocado 0,5g da amostra, juntamente com 50ml de uma mistura do meio de cultura com o líquido ruminal na proporção de 40:10 seguindo a metodologia descrita por Abreu et al (2014). Posteriormente, eram hermeticamente lacrados com rolhas de borracha com tampa plástica rosqueada. O meio de cultura foi produzido no dia das incubações de acordo com Goering e Van Soest, (1970).

O líquido ruminal foi coletado de três novilhos com peso médio de 350 kg, que foram alimentados com 2 kg de concentrado por 15 dias antes das análises para estabilizar a produção microbiana. As coletas aconteceram pela manhã nos dias das incubações, e foram realizadas por sonda esofágica acoplada a uma bomba de sucção semelhante a metodologia proposta por Ortoloni (1981), sendo coletado cerca de 100ml de cada animal. O líquido ruminal foi misturado no liquidificador por aproximadamente 10 segundos sob infusão de CO<sub>2</sub>, assegurando assim que o inóculo resultante continha microrganismos celulolíticos (que estavam aderidos a partículas do alimento) e não específicos (livres na fase líquida), após o inóculo foi filtrado em duas camadas de tecido alvejado e mantido em banho maria a 39°C com saturação de CO<sub>2</sub> até a inoculação.

Para determinar a degradação de matéria seca foram incubados seis frascos para cada dieta, que foram retirados nos horários 3; 6; 12; 24; 48 e 96 horas após a incubação. Em cada horário a fermentação era cessada colocando-se as garrafas em água à temperatura de 4°C, logo após os frascos foram condicionados em refrigerador, posteriormente o líquido e partículas restantes foram filtradas em cadinhos filtrantes (nº 2) previamente pesados, sob vácuo, e os

frascos lavados com água quente a retirada. A degradação da matéria seca é gerada por peso constante obtido pela secagem da amostra remanescente a 105°C por três horas.

A produção de gás cumulativa foi obtida utilizando um dispositivo não automatizado semelhante ao usado por Abreu et al. (2014). Que consiste em um tubo de silicone (5 mm de diâmetro) com uma agulha fixada na extremidade solta do tubo. A outra extremidade foi ao topo de uma pipeta graduada de 50 mL (incrementos de 0,1 mL), com a extremidade cônica conectada à haste reta e estreita de um separador em forma de pêra funil (1.000 mL) pelo mesmo tipo de tubo de silicone. O funil e a pipeta foram fixados a um suporte numa posição vertical e estática. A conexão sistema foi preenchido através da boca do funil com uma solução de 0,1 g / L resazurina para a marca zero (menisco) da pipeta usando o princípio de vasos comunicantes.

O volume de gás produzido foi obtido pelo deslocamento de cima para baixo do líquido do interior da pipeta. Os frascos só eram removidos do banho maria para serem ligeiramente agitados no início da manhã e início da noite para misturar o conteúdo. As leituras de pressão e volume foram realizadas em 1, 2, 3, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 h de incubação.

A cinética de fermentação foi avaliada utilizando o modelo não linear logístico bicompartimental por meio da equação apresentada por MELLO et al. (2008):

$$V(t) = \frac{VR}{1 + e^{[2.4 \cdot TR \cdot (t-L)]}} + \frac{VL}{1 + e^{[2.4 \cdot TL \cdot (t-L)]}} + \varepsilon$$

Onde V (t)= volume de gás acumulado (mL) no tempo t; VR = volumes de gás produzido para a fração de rápida fermentação; TR = taxa de degradação da fração de rápida fermentação; L = tempo de colonização; VL = volumes de gás produzido para a fração de lenta fermentação; TL = taxa de degradação da fração de lenta fermentação.

A produção de AGVs foram avaliadas segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + Tk + Pj + Ai + e_{ijk}$$

Em que:

$Y_{ijk}$  = corresponde ao valor da observação;

$\mu$  = média geral;

$Tk$  = efeito do tratamento;

$Pj$  = efeito do período de coleta;

$Ai$  = efeito do animal;

$e_{ijk}$  = erro aleatório associado a cada observação.

A análise de variância está apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 - Análise de variância das medias de AGVs.

Fontes de variação	Graus de liberdade
Quadrado latino	1
Período	6
Animal	6
Tratamento	3
Erro	15
Total	31

A digestibilidade *in vitro*, produção cumulativa de gás e degradabilidade da matéria seca foram avaliadas segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_k + e_{ijk}$$

Em que:

$Y_{ijk}$  = corresponde ao valor da observação;

$\mu$  = média geral;

$T_k$  = efeito do tratamento;

$e_{ijk}$  = erro aleatório associado a cada observação.

A análise de variância está apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 - Análise de variância das medias de degradabilidade *in vitro* e produção cumulativa de gás.

Fontes de variação	Graus de liberdade
Tratamento	3
Erro	12
Total	15

Ambos os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas utilizando o teste Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados foram analisados pelo software SISVAR® (FERREIRA, 2011).

#### 4 RESULTADOS E DISCURSSÃO

A proporção molar dos AGVs (acetato, propionato e butirato) e a concentração de Nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) nos cinco tempos de avaliação, de 0 a 8 horas após a alimentação, estão descritos na tabela 6.

De acordo com a tabela 4 a proporção molar média dos Agvs (acetato, propionato e butirato) para os tratamentos com milho moído (T1 e T2) foram de 50:33:18 e 52:28:20 respectivamente, se assemelhando aos valores descritos por Black (1990), que descreveu que

em dietas com mistura de volumoso e concentrado a proporção molar foi de 60:30:10. Já para as dietas contendo milho reidratado T3 e T4 a proporção molar foi de 44:39:17 e 44:38:18 respectivamente, se aproximando da proporção de 46:42:12 descrita por Bergman (1990) em animais alimentados com concentrado.

Como vimos, nos tratamentos com milho reidratado (T3 e T4), houve um aumento na proporção molar de propionato quando se comparando as dietas com milho moído (T1 e T2). Essa diferença pode ser atribuída a maior produção de propionato dessas dietas, haja vista, que a produção de acetato provavelmente não foi influenciada pelas dietas, pois de acordo com Berchielle et al. (2011) a produção deste ácido é mais influenciada pela proporção de volumoso e fibra da dieta, e ambos parâmetros foram similares entre os tratamentos (tabelas 1 e 2).

E como pode se observar na figura 2, que o pH ruminal se manteve semelhante em todos os tempos, nos indicando que não houve diferença na degradação da fibra, o que foi comprovado no trabalho de Oliveira (2017), que trabalhou com estas mesmas dietas e não encontraram diferença na digestibilidade *in vivo* da fibra, o que também não influenciou na produção de acetato. Resultado semelhante ao de Mendes (2013) que trabalhou com vacas alimentadas com milhos processados de diferentes formas substituindo milho seco moído do concentrado (Milho expandido, Milho floculado a vapor e Milho moído, re-hidratado e ensilado), mantidas em piquetes de capim Mombaça, e não encontraram diferença na produção de acetato.

No entanto, a produção de propionato pode ser influenciada pelo processamento do milho, uma vez que há um aumento na disponibilidade do amido no milho reidratado, resultado do processo de ensilagem, pela ação dos ácidos e enzimas produzidas durante o processo fermentativo das silagens, que podem solubilizar a matriz proteica que recobre os grânulos de amido tornando-os mais disponíveis para a microbiota ruminal (HOFFMAN et al., 2011). Fazendo com isso que ocorra uma rápida fermentação no rumem disponibilizando mais esqueletos de carbono para o crescimento da microbiota, aumentando a produção desse ácido.

Tabela 6 - Proporção molar dos ácidos graxos voláteis (acetato, butirato e propionato) e a concentração de nitrogênio amoniacal (Mmol/l) de bovinos alimentados com diferentes dietas experimentais.

TEMPO (HORAS)	TRATAMENTOS			
	T1	T2	T3	T4
Ácido acético				
0	49,20	53,19	49,85	51,16
2	47,11	51,14	39,45	40,09
4	51,80	49,22	42,80	39,51
6	49,66	55,42	43,15	43,28
8	48,13	51,94	46,13	45,06
Ácido butirico				
0	14,98	17,58	15,64	15,19
2	21,93	21,41	21,53	21,45
4	16,95	22,23	20,48	19,71
6	19,87	18,01	14,09	14,35
8	18,10	22,57	15,72	18,02
Ácido propiônico				
0	35,82	29,23	34,51	33,65
2	30,96	27,46	39,02	38,46
4	31,24	28,55	36,72	40,78
6	30,47	26,56	42,76	42,37
8	33,76	25,49	38,15	36,92
N-amoniacal				
0	1,45	1,20	1,41	1,38
2	4,97	5,31	4,42	5,95
4	1,05	1,21	2,11	1,94
6	0,67	1,04	1,12	0,97
8	0,67	0,80	1,13	0,98

Dietas experimentais: T1-milho moído + ureia comum (MM+UC), T2-milho moído + ureia protegida (MM+UP), T3-reidratado + ureia comum (MR+UC), T4-reidratado + ureia protegida (MR+UP).

E quando se aumenta a degradação do amido, a produção de propionato também é aumentada, visto que o produto final da fermentação desse carboidrato é o ácido propiônico (ORSKOV, 1986). Como foi comprovado por Luebbe et al. (2009) que encontraram maiores valores de propionato quando se aumentou a disponibilidade do amido no rúmen, e também atribuíram esse aumento a maior degradação ruminal do amido.

Aumentando com isso o aporte energético da dieta, visto que os AGVs são a principal fonte de energia para os ruminantes Van Soest (1994), além de que, o propionato é o principal precursor de glicose (BERCHIELLE et al., 2011). O que foi verificado por Silva (2016) que constatou que a reidratação e ensilagem do milho aumentou a energia líquida de manutenção da dieta (ELm) e energia líquida de ganho (ELg) da dieta quando substituiu o milho moído, o que refletiu na produção animal.

A substituição da ureia comum pela ureia de liberação lenta não influenciou a produção dos ácidos graxos voláteis, resultado que segundo Taylor-Edwards et al. (2009), raramente, vai afetar a produção dos AGVs, pelo menos em situações em que a redução concentrações de amônia não limitam crescimento microbiano, uma vez que os AGVs são derivados principalmente da fermentação dos carboidratos. Resultados semelhantes foram encontrados por (XIN et al., 2010; DING et al., 2014), que também não encontraram diferença na produção dos AGVs quando substituíram ureia comum pela a de liberação lenta.

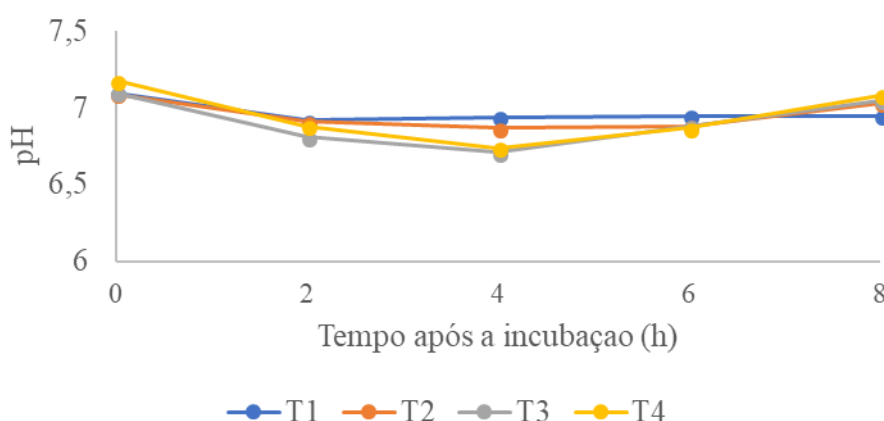
Não houve diferença ( $P < 0,05$ ) nas concentrações de  $N-NH_3$  no líquido ruminal (tabela 4) em nenhum dos tempos avaliados, que sugere que os diferentes processamentos do milho e as duas formas de utilização da ureia não influenciaram na assimilação de N pelos microrganismos ruminais.

Esses resultados foram diferentes de alguns trabalhos (TAYLOR-EDWARDS et al., 2009; XIN et al., 2010; BOURG et al., 2012) que mostraram que dietas contendo ureia de liberação lenta poderia ser mais bem utilizada pelos microrganismos, já que ela é hidrolisada mais lentamente amônia do que a ureia convencional, e consequentemente diminuir a concentração de  $N-NH_3$ . os resultados desse estudo se assemelham ao trabalho de Gardinal et al. (2016), que trabalharam com bovinos consumindo rações com 50% de silagem de milho mais 50% de concentrados a base de milho moído ureia comum ou protegida, semelhantes as dietas deste estudo.

A figura 2 apresenta a curva de variação do pH em função do tempo de coleta de líquido ruminal. Em todos os tempos avaliados as médias não diferiram ( $P < 0,05$ ) entre as dietas estudadas, provavelmente porque a proporção volumoso/concentrados foi mantida semelhante em todos os tratamentos (tabela 1), além do mais, de acordo com o trabalho de Oliveira (2017) que avaliou a digestibilidade da fibra nas mesmas dietas desse estudo, não encontrando diferença ( $P < 0,05$ ) entre as dietas, indicando que o efeito de tamponamento entre as dietas foi semelhante. Luebbe et al. (2009) compararam dietas contendo diferentes processamentos de milho, laminado e reidratado e ensilado por 120 dias, e também não encontraram alteração no pH quando comparam os diferentes processamentos.

A redução brusca do pH e geralmente é observada quando se aumenta a disponibilidade do amido (PLASCENSIA E ZINN, 1996; FIEKINS et al., 2001, OBA et al., 2003), o que não aconteceu nesse estudo, onde em todas as dietas e em todos os tempos avaliados o pH permaneceu acima de 6,5, provavelmente devido as dietas conterem uma grande quantidade de volumoso que foi eficiente realizar o tamponamento ruminal.

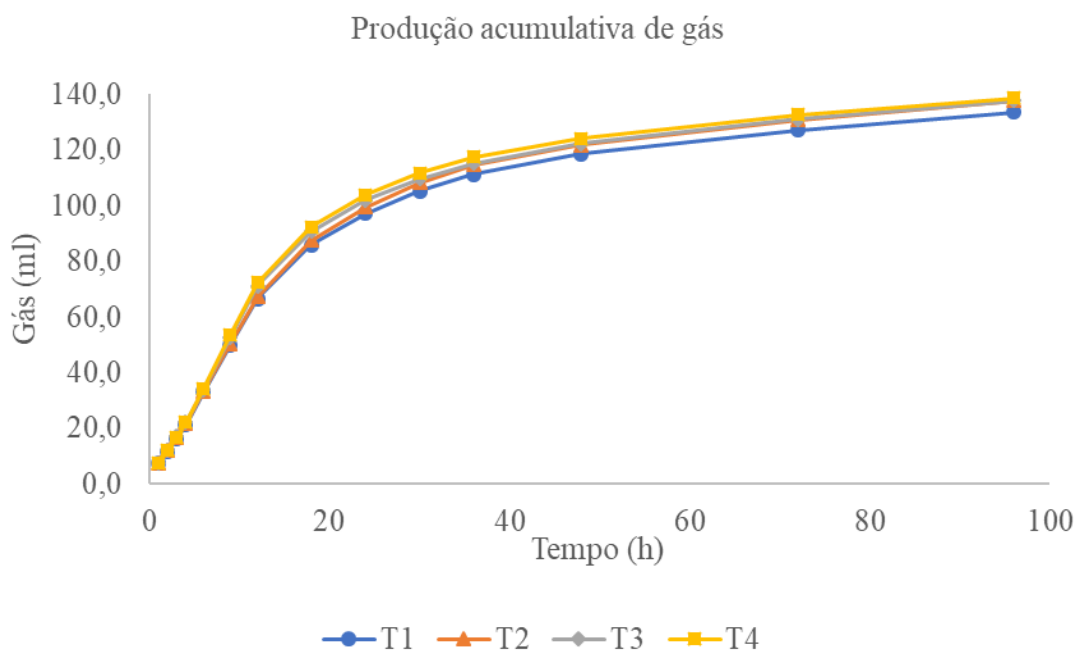
**Figura 2- Curva de pH ruminal e de acordo com a dieta ofertada, nos cinco tempos de avaliação.**



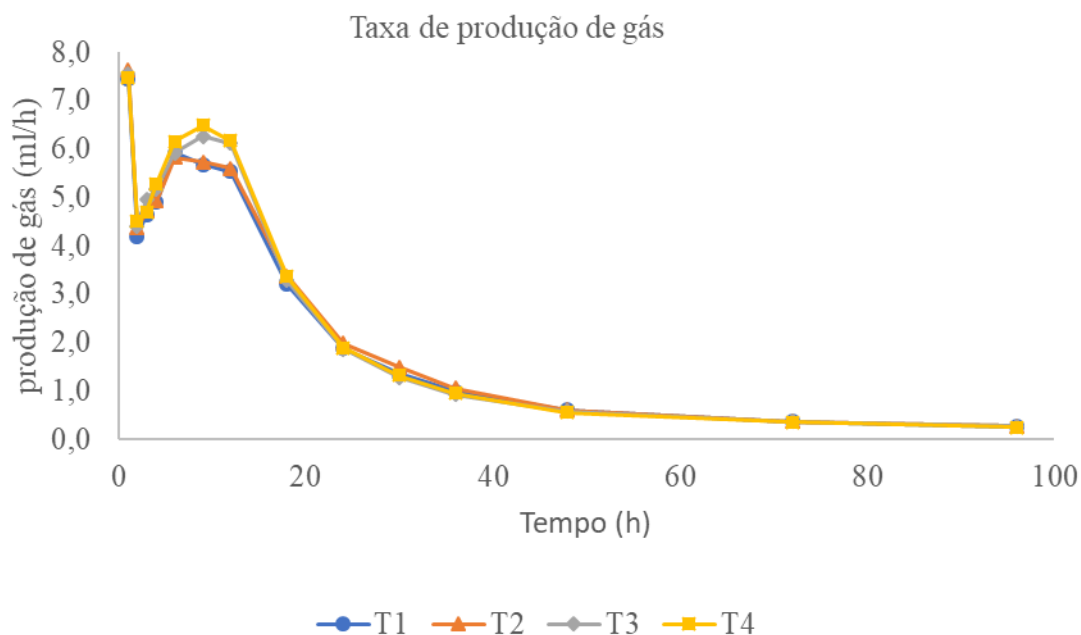
Na figura 3 estão representadas as produções acumulativas de gases em função do tempo de incubação das quatro dietas. Neste gráfico pode se notar que a curva obtida foi bastante semelhante entre as dietas, não havendo diferença ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos na produção total de gás (ml). O que pode ser explicado pelo fato de que os teores de carboidratos (CF e CNF) são semelhantes entre as dietas não influenciando na produção de gás. Uma vez que, de acordo com Blummel e Ørskov (1993) os gases derivados dos alimentos incubados são basicamente da fermentação dos carboidratos, pois a contribuição das proteínas e da gordura são pequenas.

As curvas das taxas de produção de gases por hora das dietas estudadas, encontram-se na Figura 4, onde houve uma maior taxa na primeira hora de colonização, fato que se deve provavelmente a fermentação dos carboidratos solúveis prontamente disponíveis como também foi observado por Luz et al. (2014), a segunda elevação da produção de gás ocorreu entre 6 e 9 horas após a incubação, originados possivelmente da fermentação dos carboidratos não fibrosos (CNF). Após o pico de produção a taxa foi decrescendo possivelmente virtude do esgotamento do substrato para fermentação.

**Figura 3 - Curvas de produção cumulativa de gás das dietas experimentais.**



**Figura 4 - Taxa de produção de gás (ml/h) das dietas experimentais.**



Os parâmetros da cinética de produção de gases foi determinado pelo modelo bicompartimental descrito por Mello et al. (2008), referentes a cada dieta encontram-se na Tabela 7.



Tabela 7- Parâmetros da cinética de fermentação ruminal para as quatro dietas experimentais.

Parâmetros	Tratamentos				CV
	T1	T2	T3	T4	
VR	60,0ab	63,0a	57,2b	57,7b	4,17
TR	0,02a	0,02a	0,02a	0,02a	3,16
L	2,87a	2,90a	2,89a	2,94a	6,98
VL	70,8b	71,5b	77,9a	78,1a	3,56
TL	0,09a	0,09a	0,09a	0,09a	3,47

Dietas experimentais: T1-milho moído + ureia comum (MM+UC), T2-milho moído + ureia protegida (MM+UP), T3-reidratado + ureia comum (MR+UC), T4-reidratado + ureia protegida (MR+UP).

VR = volumes de gás produzido para a fração de rápida fermentação; TR = taxa de degradação da fração de rápida fermentação; L = tempo de colonização; VL = volumes de gás produzido para a fração de lenta fermentação; TL = taxa de degradação da fração de lenta fermentação.

Médias seguidas por letras diferentes, na linha, são estatisticamente diferentes de acordo com o teste de Tukey (P < 0,05)

CV = Coeficiente de variação

O volume de gás produzidos na fração de rápida degradação (VR), foi menor (P<0,05) nos tratamentos contendo milho reidratado (T3 e T4), o que nos indica que a degradação dos carboidratos não fibrosos (CNF) contidos nestas dietas foi realizada mais rapidamente do que aquelas contendo milho moído (T1 e T2), possivelmente em virtude da maior disponibilidade do amido do milho reidratado, em função da solubilização a matriz proteica durante o processo de ensilagem como foi relatado por Kung et al. (2014). No entanto, o volume de gás produzidos na fração de lenta degradação (VL), foi maior para esses tratamentos (T3 e T4), indicando que ao longo do período de incubação as essas dietas obtiveram uma fermentação mais duradoura.

A tabela 8 o apresenta a degradabilidade da matéria seca (Dms) de acordo com o tempo de incubação (3,6,12,24,48 e 96 horas).

De acordo com a tabela, 8 nas primeiras 24 horas após a incubação as dietas T3 e T4 obtiveram uma maior DMS (P<0,05) se comparando com T1 e T2. A superioridade dos tratamentos com milho reidratado para a DMS mostra que está possivelmente foi influenciada pela disponibilidade do amido. porque a maior disponibilidade de carboidratos solúveis pode ter favorecido o crescimento bacteriano e, conseqüentemente, provocado maior degradação da matéria seca, principalmente dos carboidratos não fibrosos (CNF), que são degradados mais rapidamente. O que também foi constatado por Caldas Neto et al. (2007) que testaram dietas com níveis crescentes de proteína degradável no rúmen, associada à fonte de amido de alta e baixa degradabilidade ruminal, em que as dietas com fonte de amido de alta degradabilidade ruminal (raiz integral de mandioca) apresentavam uma degradabilidade ruminal superior as demais.

Tabela 8 - Degradabilidade da MS (DVMS) das dietas experimentais, de acordo com o tempo de incubação.

Dieta	Tempo (h)					
	3	6	12	24	48	96
	DMS (%)					
T1	22,88a	32,21	51,45	61,17b	69,96	79,03b
T2	22,46a	33,27	51,84	62,78b	72,21	81,07ab
T3	24,9b	37,76	53,83	64,77ab	75,27	80,05ab
T4	26,12b	33,26	54,36	69,2a	75,26	81,37a

Dietas experimentais: T1-milho moído + ureia comum (MM+UC), T2-milho moído + ureia protegida (MM+UP), T3-reidratado + ureia comum (MR+UC), T4-reidratado + ureia protegida (MR+UP).

As equações de regressão para a estimativa dos valores de PCG a partir dos dados de DMS encontram-se na tabela 9. As equações de regressão foram significativas para todos os tratamentos avaliados e os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) foram elevados, demonstrando que o volume de gases produzido refletiu o processo de degradação da matéria seca destas dietas. Estas elevadas correlações também já haviam sido descritas por Luz et al. (2014) ao trabalhar com dietas contendo diferentes fontes de amido e encontraram uma alta correlação entre produção de gás e degradação da matéria seca.

Tabela 9 - Equações de regressão para determinação dos valores de produção cumulativa de gás (PCG) em função dos valores de degradabilidade da matéria seca (DMS) com respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

DIETAS	EQUAÇÕES	$R^2$
T1	$DMS(\%) = 0,4575PG(ml) + 17,175$	0,99
T2	$DMS(\%) = 0,4593 PG(ml) + 17,296$	0,99
T3	$DMS(\%) = 0,4483 PG(ml) + 20,132$	0,99
T4	$DMS(\%) = 0,4645 PG(ml) + 18,756$	0,99

Dietas experimentais: T1-milho moído + ureia comum (MM+UC), T2-milho moído + ureia protegida (MM+UP), T3-reidratado + ureia comum (MR+UC), T4-reidratado + ureia protegida (MR+UP).

## 5 CONCLUSÃO

A utilização do milho reidratado em substituição ao milho moído, proporcionou as dietas uma rápida fermentação dos carboidratos não fibrosos, elevando a degradabilidade da matéria seca nas primeiras 24 horas após a incubação.

Estas dietas também obtiveram uma maior proporção de propionato, comparando com as dietas que utilizaram milho moído.

A fonte da ureia não influenciou em nenhum dos parâmetros avaliados.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. Official Methods of Analysis. 16.ed. AOAC, Washington, DC, 1995.

ABREU, M.L.C.; VIEIRA, R.A.M.; ROCHA, N.S. et al . Clitoria ternatea L. as a potential high quality forage legume. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.27, n.2, p.169-178, 2014.

AKAY, V.; TIKOFSKY, J.; HOLTZ, C. et al. Optigen® 1200: Controlled release of non-protein nitrogen in the rumen. In: INTERNATIONAL FEED INDUSTRY SYMPOSIUM, 20., 2004, Lexington. **Proceedings...** Lexington: Alltech, 2004.

ANTUNES, R. C.; RODRIGUEZ, N. M.; SALIBA, E. O. S. Metabolismo dos carboidratos não estruturais. p.239-260. In: **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal. FUNEP. 2011. 616p.

ARCARI, M.A.; MARTINS, C.M.M.R.; TOMAZI, T. et al . Effect of the ensiling time of hydrated ground corn on silage composition and in situ starch degradability. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. 53, 60–71, 2016.

AZEVEDO, E. B.; PATIÑO, H. O.; SILVEIRA, A. L. F. et al. Incorporação de uréia encapsulada em suplementos protéicos fornecidos para novilhos alimentados com feno de baixa qualidade. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 38, n. 5, p. 1381-138, 2008.

BENTO, C.B.P., AZEVEDO, A.C., DETMANN, E. et al. Biochemical and genetic diversity of carbohydrate-fermenting and obligate amino acid fermenting hyper-ammonia-producing bacteria from Nellore steers fed tropical forages and supplemented with casein, **BMC Microbiol.** 2015.

BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. 2 edição. Jaboticabal : Funep, 2011. 616p.

BENEDETI, P.D.B.; PAULINO, P.V.R.; MARCONDES, M.I. et al. Soybean meal replaced by slow release urea in finishing diets for beef cattle. **Livestock Science**, v.165, p.51-60, 2014.

BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**, 70(2):567-590, 1990.

BLACK, J.L. **Nutrition of the grazing ruminant**. Proc. New Zel. Soc. Prod., 50: 07-27, 1990.

BOURG, B. M.; TEDESCHI, L. O.; WICKERSHAM, T. A. et al. Effects of a slow-release urea product on performance, carcass characteristics, and nitrogen balance of steers fed steamflaked corn. **Journal Animal Science** 90:3914-3923, 2012.

BLÜMMEL, M; ØRSKOV, E.R. Comparison of in vitro gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting food intake in cattle. **Animal Feed Science and Technology**. v.40, p.109-119, 1993.

CALDAS NETO, S.F.; ZEOULA, L.M.; KAZAMA, R. et al. Proteína degradável no rúmen associada a fontes de amido de alta ou baixa degradabilidade: digestibilidade in vitro e desempenho de novilhos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.452-460, 2007.

CAMPOS, F. P.; BOSE, M. L. V.; BION, C. et al. Comparação do Sistema de Monitoramento Computadorizado de Digestão In Vitro com os Métodos In Vivo e In Situ. 2. Uso do Resíduo da Matéria Seca de Forragens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p.531-536, 2000.

CAPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1837-1856, 2001.

CARARETO, R.; SANTOS, F.A.P.; MOURÃO, G. et al. Corn grain processing methods and forage levels in finishing diets for Nellore bulls. **Journal of Animal Science, Savoy**, v. 89, n.1, p. 115, 2011.

CORONA, L.; RODRIGUEZ, S.; WARE, R.A. et al. Comparative effects of whole, ground, dry-rolled and steam-flaked corn on digestion and growth performance in feedlot cattle. **Professional Animal Scientist, Nebraska**, v.21, p.200-206, 2005.

CORONA, L.; OWENS, F. N.; ZINN, R. A. Impact of corn vitreousness and processing on site and extent of digestion by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v.84, n.11, p.3020–3031, 2006.

CORREA, C. E. S.; SHAVER R. D.; PEREIRA; M. N. et al. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.11, p.3008-3012, 2002.

COSTA, F. M. J.; DIAS FILHO, G.S.; ZACARONI, O, F. et al. Silagem de grãos úmidos de milho de textura dura ou macia em dietas com polpa cítrica para vacas em lactação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte**, v. 66, p. 203–210, 2014.

DA SILVA, N.C.; AGUIAR, A.C.R.;RESENDE, F.D. et al. Influence of storage time and use inoculant *L. buchneri* on aerobic stability of highmoisture coen and rehydrated com silages. IN : INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE,17, 2015, piracicaba. **Proceedings...** Rio Das Pedras, SP: Grafica Riopedrense.2015. P.550-551.

DEHORITY, B. A. **Rumen microbiology**. Nottingham: Nottingham University Press, 2nd ed. 2004. 372 p.

DEFOOR, P.J.; BROWN, M.S; OWENS, F.N. Reconstitution of grain shorghum for ruminants. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 1., 2006, Oklahoma. **Proceedings...**Oklahoma: CGP, 2006. P.93-98.

DING, L. M.; LASCANO, G. J.; HEINRICHS, A. J. Effect of precision feeding high- and low-quality forage with diferente rumen protein degradability levels on nutrient utilization by dairy heifers. **Journal Animal Science**, v.93, p.3066-3075, 2014.

EUSTÁQUIO FILHO, A.; FERREIRA DOS SANTOS, P. E.;YAMAMOTO, S. M. Utilização de ureia como fonte de nitrogênio não proteico (NNP) para ruminantes. **PUBVET, Londrina**, V. 2, N. 32, Ed. 43, Art. 335, 2008.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO, U.J.; FERREIRA JUNIOR, E.J.; CARDOSO, G.A. et al. Correlações entre o escore de idntação, a vitreosidade, a densidade e a degradabilidade de grãos de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28. **Anais...** Goiânia: ABMS. Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2010.

FIRKINS, J. L., M. L. EASTRIDGE, N. R. ST-PIERRE. et al. Effects of grain variability and processing on starch utilization by lactating dairy cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, p. 218– E238, 2001.

FERRARETTO, L. F., P. M. CRUMP, E R, D. SHAVER. Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion and milk production by dairy cows through a meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, V.96, P. 533-550, 2013.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal, S.P.: FUNEP, 1992. 273p.

FRANCE J., SIDDON, R.C., DHAONA, M.S. Adaptation of compartmental schemes of interpreting isotopedilution data on volatile fatty acids metabolism in the rumen to the nonsteady state and for single dose injection. **Journal of Theoretical Biology**, v.153, n.2, p.247- 254, 1991.

GABARRA, P.R. Digestibilidade de nutrientes e parâmetros ruminais e sanguíneos de novilhos Nelore alimentados com fontes protéicas e energéticas com diferentes degradabilidades ruminais. 2001. 109 f. **Dissertação** (Mestrado Agronomia).

GARDINAL, R.; GANDRA, J.R.; CALOMENI, G.D. et al. Effects of polymer coated slow-release urea on ruminal fermentation and nutrient total tract digestion of beef steers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45(2), p. 63-70, 2016.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. Forage fiber analysis. Washington, **Agricultural Research Service**, USDA, 1970. p.20. (Agricultural Handbook, 379).

GONÇALVES, A. L. et al. Cinética de degradação de alguns volumosos usados na alimentação de cabras leiteiras por intermédio da técnica de produção de gases sob diferentes níveis de pH. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 30, n. 6, p.1904-1912, 2001.

HELMER, L.G.; BARTLEY, E.E.; DEYOE, C.W. Feed processing. V. Effect of an expansion-processed mixture of grain and urea (Starea) on nitrogen utilization in vitro. **Jornal of Dairy Science**, v.53, p.331-335,1970A.

HELMER, L.G.; BARTLEY, E.E.; DEYOE, C.W. Feed processing. VI. Comparision of starea, urea, and soybean meal as protein sources for lactating dairy cows. **Jornal of Dairy Science**, v.53, n. 7, p.883-887,1970B.

HERREA-SALDANA, R.; HUBER, J.T. Influence of varying protein and starch degradabilities on performance of lactating cows. **Jornal of Dairy Science**, Albany, v. 72,p 1477, 1989.

HOFFMAN, P. C.; ESSER, N. M.; SHAVER, R. D. et al. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, v. 94, p.2465–2474, 2011.

KOTARSKI, S.F.; WANISKA, R.D.; THURN, K.K. Starch Hydrolysis by the Ruminal Microflora. **The Journal of Nutrition, Bethesda**, v.1, n.122, p.178-190, 1992.

KOZLOSKI, V. G. Bioquímica microbiana ruminal. In: **Bioquímica dos ruminantes**. 1 ed. Santa Maria: UFMS, 2002, cap. 1, p. 140p.

KUNG, L.; JR., M. C.; WINDLE, N. The effect of an exogenous protease on the fermentation and nutritive value of high-moisture corn. **Jornal of Dairy Science**. V.97, p.1707–1712, 2014.

LOPES, J.C.; SHAVER, P.C.; HOFFMAN, M.S. et al. Type of corn endosperm influences nutrient digestibility in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.92, p. 4541-4548, 2009.

LUEBBE, M. K.; ERICKSON, G. E.; KLOPFENSTEIN, T. J. et al. 2009. Influence of corn hybrid traits and processing method on nutrient digestibility. **Faculty Papers and Publications in Animal Science**. 2009. Disponível em: <http://digitalcommons.unl.edu/animalscifacpub/767>. Acesso em: 01 de março de 2018.

LUZ, Y.S.; FIGUEIREDO, M.P.; OLIVEIRA, F.M. et al. Cinética da fermentação ruminal in vitro de dietas contendo palma forrageira enriquecida com ureia e suplementadas com diferentes fontes de amido. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 35, n. 3, p. 1501-1514, 2014.

MAIA, R.L.A.; TEIXEIRA, J.C.; PÉREZ, J.R.O. Avaliação da qualidade da amiréia (produto da extrusão amido-ureia) através do método de estimativa da produção de proteína microbiana “in vitro”. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Brasília, **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1987. p. 356.

MAURICIO, R. M.; PEREIRA, L.G.R.; GONCALVES, L.C. et al. Relação entre pressão e volume para implantação da técnica in vitro semi-automática de produção de gases na avaliação de forrageiras tropicais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, n. 2, p.1013-1020, 2003.

MCKINNEY, L. J. Grain processing: particle size reduction methods. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 1., 2006, Oklahoma. **Proceedings...** Oklahoma: CGP, 2006. p. 42-45.

MELLO, R. et al. Models for fit of gas production in sunflower and corn silages. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 261-269, 2008.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: **collaborative study**. **Journal of AOAC International**, v.85, n.6, p.1217-1240, 2002.

MENDES, I. A. P. Consumo, digestibilidade, produção e composição do leite de vacas alimentadas com silagem de grão de milho moído reidratado substituindo milho seco moído do concentrado. 2013. **Dissertação** (Mestrado em zootecnia) Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte, 2013.

MILTON, C.T.; BRANDT JR., R.T.; TITGEMEYER, E.C. Urea in dry-rolled corn diets: finish steer performance, nutriente digestion, and microbial protein production. **Journal of Animal Science**, v.75, n.5, p.1415-1424, 1997.

MOMANY, F. A., D. J. SESSA, J. W. LAWTON. G. W. et al. Structural characterization of alpha-zein. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 54:543-547, 2006.

MOURA, A.M.; FREITAS, H.P.; MENDES, I.A.P. et al. Processamento do milho para vacas leiteiras em pastejo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.6, p.1813-1821, 2014.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requeriments of beef cattle**. 7th ed. Washington: National Academy Press, 2000. 237p.

NGONYAMO-MAJEE, D.; SHAVER, R.D.; COORS, J. G. et al . Relationships between kernel vitreousness and dry matter degradability for diverse corn germplasm II. Ruminant and post-ruminal degradabilities. **Animal Feed Science and Technology**, v. 142, p. 259–274, 2008.

NOCEK, J.E., RUSSELL, J.B. 1988. Proteins and energy as na integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, 71(8):2070-2107

OBA, M.; ALLEN, M. S. Effects of corn grain conservation method on feeding behavior and productivity of lactating dairy cows at two dietary starch concentrations. **Journal of Dairy Science**, 86:174–183, 2003.

OLIVEIRA, A.R. Dietas para bovinos confinados com diferentes fontes de proteína e energia. 2017. **Dissertação** (Mestrado em zootecnia) Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2017.

ORTOLONI, E.L. Considerações técnicas sobre o uso da sonda esofágica na colheita do suco de rúmen de bovinos para mensuração do pH. **Arquivo da Escola de Veterinária da UFMG**, v.33, n.2, p.269-275, 1981.

OMED, H. M.; LOVETT, D. K.; AXFORD, R. F. E. Faeces as a source of microbial enzymes for estimating digestibility. In: GIVENS, D. I.; OWEN, E.; AXFORD, R. F. E.; e OMED, H. M. (Ed). Forage evaluation in ruminant nutrition. Wallingford: **CAB International publishing**, 2000. p. 135-154.

ORSKOV, E.R. Starch digestion and utilization in ruminants. **Journal of Animal Science**, Albany, v.63, p.1624-1633, 1986.

OWENS, F. N.; ZINN, R. A.; KIM, Y. K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, v.63, p.1634-1648, 1986.

OWENS, F. N., D. S. SECRIST, W. J. HILL, AND D. R. GILL. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: A review. **Journal of Animal Science**. 75:868–878, 1997.

PAES, M. C. D. Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho. Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Embrapa Milho e Sorgo, **Circular Técnica 75**). Disponível em [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/fisquitectnolmilho\\_000fcb2k97i02wx5eo0bp3uwfl1aa0n7.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/fisquitectnolmilho_000fcb2k97i02wx5eo0bp3uwfl1aa0n7.pdf). Acesso em 25 de setembro, 2017.

PAULA, A.A.G.D.; FERREIRA, R.N.; ORSINE, G.F. et al. Ureia polímero e ureia pecuária como fontes de nitrogênio sóluvel no rúmen: parâmetros ruminal e plasmático. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, n.1. 2009. p.1-8.

PEREIRA, E. S.; ARRUDA, A. M. V. de.; MIRANDA, L. F. et al. Importância da inter-relação carboidrato e proteína em dietas de ruminantes. **Semina: Ciências Agrárias**, v.26, n.1, p.125-134, 2005.

PEREIRA, M.L.R.; LINO, F.A.; MELO, A.U.F.; NETO, M.D.F.; LIMA, D.A.; FERNANDES, J.J.R.; ARNHOLD, E. Degradabilidade de grão reconstituído de milho e sorgo ensilados com diferentes granulometrias. In: Congresso Brasileiro de Zootecnia, XXI, 2011, Maceió. **Anais...** Maceió: UFAL, 2011.

PEREIRA, M. N.; PINHO, R. G. V.; BRUNO, R. G. da S. et al. Ruminal degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agricola**, v.61, n.4, p.358-363, 2004.

PEREIRA, M. N. Dureza do grão de milho: um tópico brasileiro. In: III Simpósio Internacional em Formulação de Dietas para Gado Leiteiro. **Anais...** Universidade Federal de Lavras. p.2-11, 2013.

PIAO, M. Y.; KIM, H. J.; PARK, T. S. et al. Effects of Synchronization of Carbohydrate and Protein Supply in Total Mixed Ration with Korean Rice Wine Residue on Ruminal Fermentation, Nitrogen Metabolism and Microbial Protein Synthesis in Holstein Steers. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.25, n.11, p.1568-1574, 2012.

PINOS-RODRÍGUEZ, J.M.; PEÑA, L.Y.; GONZÁLEZ-MUÑOZ, S.S.; BÁRCENA, R. et al. Effects of a slow-release coated urea product on growth performance and ruminal fermentation in beef steers. **Italian Journal of Animal Science**, v.9, p.16-19, 2010.

PLASCENCIA, A.; ZINN, R. A. Influence of flake density on the feeding value of steam-processed corn in diets for lactating cows. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.74, n.2, p.310-316, 1996.

RIBEIRO, S.S.; VASCONCELOS, J.T.; MORAIS, M.G. et al. Effects of ruminal infusion of a slow-release polymer-coated urea or conventional urea on apparent nutrient digestibility, in situ degradability, and rumen parameters in cattle fed low-quality hay. **Animal Feed Science and Technology**, v.164, p.53-61, 2011.

REIS, R. B.; MOURA, M. A.; MALACCO, V. M. R. Processamento de amido do concentrado para vacas em pastejo In: III Simpósio Internacional em Formulação de Dietas para Gado Leiteiro. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, p.12-27 2013A.

REIS, W. dos.; COSTA, C.; MEIRELLES, P. R. de L. et al. Degradabilidade da matéria seca e da proteína bruta de grãos secos e de silagens de grãos úmidos de híbridos de milho (zea mays), submetidos a diferentes processamentos. **Boletim de Indústria Animal**, v.70, n.3, p.269-280, 2013B.

RUSSELL, J.B. Strategies that ruminal bacteria use to handle excess carbohydrate. **Journal of Animal Science**, v.76, n.9, p.1955- 1963, 1998.

SANTOS, F.A.P.; PEDROSO, A.M. **Metabolismo de proteínas**. p.265-297. In: Nutrição de Ruminantes. 2. ed. Jaboticabal. FUNEP. 2011. 616p.

SANTOS, S. F. dos.; GONÇALVES, M. F.; RIOS, M. P.; Coprodutos na alimentação de ruminantes: com destaque ao farelo úmido de glúten de milho. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v.18, n. 2, p. 74-86, jul./dez. 2012.

SILVA, N. C. Características das silagens de grãos de milho influenciadas pela reidratação e pela inoculação com *L. Buchneri* sobre o desempenho de bovinos de corte confinados. 2016. Tese ( Doutorado em zootecnia) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Universidade Estadual Paulista Júlio De Mesquita Filho, Jaboticabal, 2016.

SOUZA, V.L.; ALMEIDA, R.; SILVA, D.F.F. et al. Substituição parcial de farelo de soja por ureia protegida na produção e composição do leite. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.62 n.6, 2010.



SWENSON, M.J.; REECE, W.O. **Dukes: Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1996. 856p.

TANIGUCHI, K., G. B. HUNTINGTON, AND B. P. GLENN. NET nutrient flux by visceral tissues of beef steers given abomasal and ruminal infusion of casein and starch. **Journal of Animal Science**, v.73, p.236, 1995.

TAYLOR, C. C.; ALLEN, M. S. Corn grain endosperm type and brown midrib 3 corn silage: site of digestion and ruminal digestion kinetics in lactating cows. **Journal of Dairy Science, Champaign**, v. 88, n. 4, p. 1413–1424, 2005.

TAYLOR-EDWARDS, C. C.; ELAM, N. A.; KITTS, S. E. et al.. Influence of slow- release urea on nitrogen balance and portaldrained visceral nutrient flux in beef steers. **Journal of Animal Science**, v.87, p. 209-221. 2009.

THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S. et al. A simple gás production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, n.48, v.3-4, p.185-197, 1994.

THEURER, C. B.; HUBER, J. T. DELGADO-ELORDUY, A. et al. Invited review: summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 82, p. 1950–1959, 1999.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two stage technique for in vitro digestion of forages crops. **Journal of the British Grassland Society, Aberystwyth**, v. 18, p. 104-111, 1963.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University. p. 476, 1994.

XIN, H. S.; SCHAEFER, D. M.; LIU, Q. P. et al. Effects of Polyurethane Coated Urea Supplement on In vitro Ruminant Fermentation, Ammonia Release Dynamics and Lactating Performance of Holstein Dairy Cows Fed a Steam-flaked Corn-based Diet. **Asian-Australasian Journal Animal Science**, v.23, n.4, p.491 – 500, 2010.

ZEOULA, L.M.; CALDAS NETO, S.F.; BRANCO, A.F. et al. Mandioca e resíduos das farinhas na alimentação de ruminantes: pH, concentração de amônia e eficiência microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3 suplemento, p.1582-1593, 2002.

ZEOULA, L.M.; FERELI, F.; PRADO, I. N. et al. Digestibilidade e balanço de nitrogênio de rações com diferentes teores de proteína degradável no rúmen e milho moído como fonte de amido em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2179-2186, 2006.